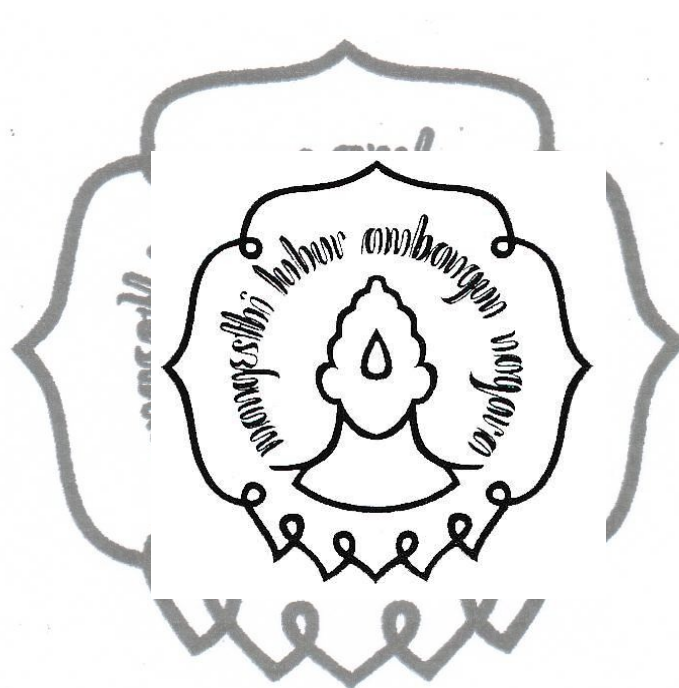


TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK ZEOLIT
DARI *COAL ASH* DAN NATRIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Oleh:

Abdul Kadir Muhamad Jamal I0509001

Agnes Catur Adi Nugroho I0509002

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA

2013

commit to user

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK ZEOLIT

DARI COAL ASH DAN NATRIUM HIDROKSIDA

KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Oleh :

| | |
|---------------------------|-----------|
| Abdul Kadir Muhamad Jamal | 1 0509001 |
| Agnes Catur Adi Nagroho | 1 0509002 |

| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Pembimbing II</p>  <p style="text-align: center;"><u>Bregas S.T., Sembodo, S.T., M.T.</u> NIP 19711206 199903 1 002</p> | <p style="text-align: center;">Pembimbing I</p>  <p style="text-align: center;"><u>Dr. Sunu H. Pranolo</u> NIP 19690316 199802 1 001</p> |
|--|--|

Dipertahankan di depan tim penguji :

1. Dr. Margono
NIP 19681107 199702 1 001
2. Wusana Agung Wibowo, S.T., M.T.
NIP 19801005 200501 1 001



1. 25/7/2013



Dr. Sunu H. Pranolo
NIP. 19690316 199802 1 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT karena rahmat dan hidayah-Nya, laporan tugas akhir dengan judul “Prarancangan pabrik zeolit dari *coal ash* dan natrium hidroksida kapasitas 60.000 ton/tahun” selesai. Dalam penyusunan tugas akhir ini, bantuan baik berupa dukungan moral maupun material dari berbagai pihak turut mendukung penyelesaiannya. Karena itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada kedua orang tua yang telah memberikan kami banyak dukungan baik moral dan material, Dr. Sunu Herwi Pranolo sebagai dosen pembimbing I dan Bregas Siswahyono Tatag Sembodo S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II. Teman-teman mahasiswa khususnya Hantoko, Adnan, Okky, Dika, dan Rina telah memberikan banyak bantuan penyusunan tugas akhir ini.

Laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, jadi saran dan kritik membangun sangat diharapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Surakarta, Juli 2013

Penulis

commit to user

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR TABEL..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| INTISARI..... | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik | 1 |
| I.2 Kapasitas Perancangan..... | 3 |
| I.3 Penentuan Lokasi Pabrik..... | 5 |
| I.4 Tinjauan Pustaka..... | 6 |
| I.5 Kegunaan Produk..... | 8 |
| I.6 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk | 8 |
| BAB II DESKRIPSI PROSES..... | 11 |
| II.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk | 11 |
| II.2 Konsep Reaksi | 12 |
| II.3 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses..... | 16 |
| II.4 <i>Lay Out</i> Pabrik dan Peralatan | 23 |
| BAB III SPESIKASI ALAT PROSES | 26 |
| BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM | 31 |
| IV.1 Unit Pengadaan Air..... | 32 |
| IV.2 Unit Pengadaan <i>Steam</i> dan Bahan bakar | 33 |
| IV.3 Unit Pengadaan Udara Tekan | 33 |
| IV.4 Unit Pengadaan Listrik | 33 |
| IV.5 Unit Pengolahan limbah..... | 35 |
| IV.6 Unit Laboratorium | 36 |
| BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN..... | 38 |
| V.1 Bentuk Perusahaan..... | 38 |
| V.2 Struktur Organisasi | <i>commit to user</i> 39 |

| | |
|--|----|
| V.3 Tugas dan Wewenang | 41 |
| V.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan dan Gaji karyawan | 41 |
| BAB VI ANALISA EKONOMI | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | 48 |
| LAMPIRAN A SIFAT FISIS BAHAN | 52 |
| LAMPIRAN B NERACA MASSA | 55 |
| LAMPIRAN C NERACA PANAS | 68 |
| LAMPIRAN D PERANCANGAN REAKTOR | 72 |
| LAMPIRAN E ANALISIS EKONOMI | 87 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel I.1 Data produksi dan permintaan pupuk anorganik Indonesia | 4 |
| Tabel I.2 Faktor pemilihan lokasi pabrik | 5 |
| Tabel I.3 Teknologi pemanfaatan <i>coal ash</i> | 7 |
| Tabel II.1 Spesifikasi produk zeolit | 12 |
| Tabel II.2 Data-data harga ΔH°_f | 14 |
| Tabel II.3 Neraca massa total | 19 |
| Tabel II.4 Neraca panas total | 19 |
| Tabel III.1 Spesifikasi tangki penyimpanan | 27 |
| Tabel III.2 Spesifikasi reaktor | 27 |
| Tabel III.3 Spesifikasi filter | 28 |
| Tabel III.4 Spesifikasi tangki berpengaduk | 28 |
| Tabel III.5 Spesifikasi tangki pencampuran | 29 |
| Tabel III.6 Spesifikasi alat transportasi | 29 |
| Tabel V.1 Perincian kualifikasi, jumlah, dan gaji karyawan <i>non shift</i> | 42 |
| Tabel V.2 Perincian kualifikasi, jumlah, dan gaji karyawan <i>shift</i> | 42 |
| Tabel V.3 Jadwal regu <i>shift</i> | 44 |
| Tabel A.1 Kapasitas panas cairan | 52 |
| Tabel A.2 Kapasitas panas padatan | 52 |
| Tabel A.3 Kapasitas panas udara | 53 |
| Tabel A.4 Densitas | 53 |
| Tabel A.5 Perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) zeolit | 54 |
| Tabel B.1 Neraca massa di A01-MS01 | 58 |
| Tabel B.2 Neraca massa di A01-T01 | 59 |
| Tabel B.3 Komposisi zeolit | 60 |
| Tabel B.4 Neraca massa di sekitar A02-R01 A/B | 61 |
| Tabel B.5 Neraca massa di sekitar A02-T01 | 62 |
| Tabel B.6 Neraca massa di sekitar A03-RF01 | 63 |
| Tabel B.7 Neraca massa di A03-T01 | 64 |
| Tabel B.8 Neraca massa di A03-RF02 | 66 |
| Tabel B.9 Neraca massa di A03-T02 | 67 |

| | |
|--|-----|
| Tabel C.1 Perhitungan neraca panas arus 4 | 68 |
| Tabel C.2 Neraca panas di sekitar A01-T01 | 69 |
| Tabel C.3 Neraca panas di sekitar A01- R01 A/B | 69 |
| Tabel C.4 Neraca panas di sekitar A02 - T01 | 69 |
| Tabel C.5 Neraca panas di sekitar A03 - RF01 | 70 |
| Tabel C.6 Neraca panas di sekitar A03 - T01 | 70 |
| Tabel C.7 Neraca panas di sekitar A03 - RF02 | 70 |
| Tabel C.8 Neraca panas di sekitar A03 – T02 | 71 |
| Tabel D.1 Waktu operasi reaktor | 72 |
| Tabel D.2 Kecepatan putar pengaduk | 78 |
| Tabel D.3 Daya pengaduk | 79 |
| Tabel D.4 Penjadwalan operasi reaktor dan <i>buffer tank</i> | 86 |
| Tabel E.1 Indeks harga alat tahun 1995-2002 | 87 |
| Tabel E.2 Daftar harga alat pada area 1 dan 2 | 88 |
| Tabel E.3 Daftar harga alat pada area 3 dan 4 | 89 |
| Tabel E.4 Daftar harga alat pada utilitas dan pembangkit listrik | 89 |
| Tabel E.5 Komponen <i>Physical Plant Cost</i> (PPC) | 90 |
| Tabel E.6 Komponen <i>direct plant cost</i> (DPC) | 90 |
| Tabel E.7 Komponen <i>fix capital investment</i> (FCI) | 90 |
| Tabel E.8 Komponen <i>working capital</i> | 91 |
| Tabel E.9 Komponen <i>Total Capital Investment</i> (TCI) | 91 |
| Tabel E.10 Komponen <i>direct manufacturing cost</i> | 92 |
| Tabel E.11 Biaya bahan baku untuk 1 tahun produksi (330 hari) | 92 |
| Tabel E.12 Gaji karyawan berdasarkan jabatan | 92 |
| Tabel E.13 Biaya utilitas selama 1 tahun | 94 |
| Tabel E.14 <i>Indirect manufacturing cost</i> | 94 |
| Tabel E.15 <i>Fixed manufacturing cost</i> | 95 |
| Tabel E.16 <i>Total manufacturing cost</i> | 95 |
| Tabel E.17 <i>General expense</i> | 95 |
| Tabel E.18 <i>Total production cost</i> | 95 |
| Tabel E.19 Kesimpulan analisa kelayakan ekonomi | 100 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar I.1 Peta lokasi pabrik (Google map, 2013)..... | 6 |
| Gambar II.1 Mekanisme reaksi <i>zeolitization</i> | 13 |
| Gambar II.2 Struktur partikel coal ash (a) dan zeolit hasil reaksi (b) | 14 |
| Gambar II.3 Pengaruh variabel terhadap nilai CEC..... | 15 |
| Gambar II.4 Diagram alir kualitatif pembuatan zeolit dari <i>coal ash</i> | 20 |
| Gambar II.5 Diagram alir kuantitatif pembuatan zeolit dari <i>coal ash</i> | 21 |
| Gambar II.6 Diagram alir proses pembuatan zeolit dari <i>coal ash</i> | 22 |
| Gambar II.7 Plant layout | 24 |
| Gambar II.8 Tata letak alat pabrik | 25 |
| Gambar IV.1 Skema pengolahan air | 32 |
| Gambar V.1 Struktur organisasi PT ELPI..... | 40 |
| Gambar VI.1 Grafik analisa kelayakan..... | 47 |
| Gambar B.1 Blok diagram A01-MS01 | 57 |
| Gambar B.2 Blok diagram tangki A01-T01 | 58 |
| Gambar B.3 Blok diagram A02 - R01 A/B..... | 59 |
| Gambar B.4 Blok diagram A02 - T01..... | 61 |
| Gambar B.5 Blok diagram A03 - RF01 | 62 |
| Gambar B.6 Blok diagram A03 – T01 | 64 |
| Gambar B.7 Blok diagram A03 – RF02..... | 65 |
| Gambar B.8 Blok diagram A03 – T02 | 66 |
| Gambar D.1 Algoritma perancangan reaktor | 84 |
| Gambar D.2 Gambar reaktor..... | 85 |
| Gambar E.1 Grafik analisa kelayakan..... | 100 |

INTISARI

Abdul Kadir M. Jamal, Agnes Catur Adi Nugroho, 2013, Prarancangan pabrik zeolit dari *coal ash* dan natrium hidroksida kapasitas 60.000 ton/tahun. Program Studi S1 Reguler, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Cadangan terukur batubara di Indonesia cukup melimpah yaitu 28 miliar ton dengan persebaran, 67% di Sumatera, 32% di Kalimantan dan sisanya tersebar di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Penggunaan batubara di Indonesia meningkat setiap tahun. Pada tahun 2003, konsumsi batubara di Indonesia sebesar 36 juta ton, pada tahun 2012 konsumsi batubara di Indonesia naik sebesar 127,78% menjadi 82 juta ton. Peningkatan konsumsi batubara berakibat pada peningkatan jumlah abu batubara.

Abu batubara harus diolah sesuai dengan aturan lingkungan hidup. Bagi perusahaan penghasil abu batubara yang tidak mampu mengolah abu batubara, perusahaan tersebut wajib menyerahkan abu batubara ke pihak ketiga yang ditunjuk pemerintah. Biaya pengolahan abu batubara sebesar Rp 350.000,00 per ton.

Kandungan abu batubara antara lain SiO_2 (40% - 65%) dan Al_2O_3 (25% - 40%). Melalui suatu teknologi proses tertentu, abu batubara dapat menghasilkan produk aditif pupuk yang dapat dimanfaatkan oleh industri pertanian. Aditif pupuk dari limbah batubara ini (zeolit) diproduksi dengan penambahan senyawa basa (NaOH) pada *coal ash* dengan suhu tinggi ($\pm 100^\circ\text{C}$) sehingga menghasilkan senyawa $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (zeolit). Langkah ini merupakan salah satu bentuk pengolahan limbah B3 (*coal ash*) menjadi suatu komoditas bernilai jual sekaligus mengatasi masalah lingkungan. Harga zeolit berkisar antara Rp 1.960,00 – Rp 18.500,00 per kg. Setiap produksi 1 ton zeolit membutuhkan *coal ash* sebanyak 0,814 ton, NaOH 0,489 ton, listrik 28,890 kWh, bahan bakar 0,680 ton, dan tenaga kerja 4,3 orang jam. Biaya produksi zeolit Rp 2.629,36/kg dan harga jual produk Rp 3.200,00/kg. Jadi margin keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 570,64/kg.

Rencana lokasi pendirian pabrik zeolit ini terletak di kota Bontang, Kalimantan Timur. Lokasi pendirian pabrik dipilih dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, utilitas, pemasaran produk, serta fasilitas pendukung lain.

Berdasarkan analisis keekonomian, pabrik ini layak didirikan karena memenuhi syarat kelayakan secara ekonomi. Hasil analisis keekonomian yaitu, $\text{ROI} = 38,69\%$ (setelah pajak), $\text{BEP} = 42,34\%$, dan $\text{Pay Out Time} = 2,14$ tahun (setelah pajak) dimulai dari pendirian pabrik.

ABSTRACT

Abdul Kadir M. Jamal, Agnes Catur Adi Nugroho, 2013, Preliminary design of zeolite plant from coal ash and sodium hydroxide capacity 60,000 ton/year, Undergraduate Program, Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Sebelas Maret University, Surakarta

Indonesia has an abundant reserve of coal as much as 28 billion ton located 67% in Sumatera, 32% in Kalimantan and the rest is spread out in Jawa, Sulawesi and Papua. The consumption of coal in Indonesia increases year by year. In 2003, the consumption was 36 million ton and in 2012 the consumption increases by 127.78% to 82 million ton. The increase of coal consumption means the coal ash produced also increases.

Coal ash has to be treated in accordance to environmental regulation. Industries producing coal ash and unable to treat it has to pay third party industry chosen by the government. The treatment costs Rp 350.000,00 per ton

Coal ash usually contains SiO_2 (40% - 65%) and Al_2O_3 (25% - 40%). Coal ash can be converted through a special process to a specific fertilizer additive which helps agriculture sector. The fertilizer additive (zeolite) is produced by adding alkaline compound (NaOH) with arelatively high temperature ($\pm 100^\circ\text{C}$) to produce $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (zeolite). These steps is one of the solution of a waste problem to a sellable commodity while taking care of environmental problem. The zeolite price ranges between Rp 1.960,00 – Rp 18.500,00 per kg. to produce 1 ton zeolite needs 0.814 ton coal ash, 0.489 ton NaOH, 28.890 kWh electricity, 0.680 ton coal and 4.3 manhour. The production cost is Rp 2.629,36/kg and the product will be sold at Rp 3.200,00/kg. The profit margin is calculated Rp 570,64/kg.

The plant is projected to be built in Bontang, East Kalimantan. The location is chosen based on raw material availability, utility, product market and other supporting facility.

The economic feasibility analysis shows that the plant is feasible to be built because it fulfills the parameter of economic feasibility. The resulting analysis is ROI = 38.69% (after tax), BEP = 42.34% and Pay Out Time = 2.14 years (after tax) starting after the plant establishment.